

# **TRABALHO DE GRADUAÇÃO**

## **PROJETO DE REEDIÇÃO DO LIVRO CIRCUITOS POLIFÁSICOS**

**Heloísa Barbosa de Resende**

**Brasília, 7 de Julho de 2016**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
Faculdade de Tecnologia

TRABALHO DE GRADUAÇÃO

**PROJETO DE REEDIÇÃO DO LIVRO  
CIRCUITOS POLIFÁSICOS**

**Heloísa Barbosa de Resende 10/0104151**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Brasília para  
obtenção do diploma de bacharel em Engenharia Elétrica.

**Banca Examinadora**

Prof. Francisco Damasceno Freitas, UnB/ ENE  
(Orientador)

---

Prof. Alcides Leandro Silva, UnB/ ENE

---

Prof. Edvaldo Lima Paniago, UnB/ ENE

---

### **Dedicatória(s)**

*Gostaria de dedicar este trabalho ao meu pai, Paulo César de Resende Pereira, por ter exemplificado o que é ser um engenheiro completo, que tem muito amor pelo que faz e por demonstrar o significado de engenheirar.*

Heloísa Barbosa de Resende

## **Agradecimentos**

*Agradeço, primeiramente, a Deus, causa primeira de todas as coisas, por todas as bênçãos que me agraciou nessa existência. Agradeço também, aos mentores espirituais responsáveis pela minha reencarnação e todo auxílio que me foi prestado em todas e quaisquer situações ao longo desse processo de graduação.*

*Deixo registrada minha gratidão aos meus pais, sobretudo, à minha mãe, Antônia Emilia Barbosa de Resende, cujo apoio, compreensão, paciência e amor incondicional foram imprescindíveis para a conclusão deste projeto.*

*Agradeço, também, às amizades verdadeiras que conquistei ao longo desse período de graduação que compartilharam comigo momentos inesquecíveis e que sempre demonstraram apoio, solidariedade e carinho para comigo. Em especial à Thais Dias, Rodrigo Gregoldo, Raquel Alves, Marina Cavalcante e Eliza Adorno.*

*Meu especial agradecimento ao professor Francisco Damasceno:*

*Pela oportunidade;*

*Pelo conhecimento adquirido;*

*Pela generosidade;*

*Pelo incentivo.*

---

## **RESUMO**

O objetivo deste trabalho de conclusão de curso é apresentar o processo de atualização, reedição e publicação da obra Circuitos Polifásicos, publicada em 1995 pelos autores Wilson Gonçalves de Almeida e Francisco Damasceno Freitas. Esta obra sofreu reformulações em pontos específicos, foi complementada por conteúdos acerca do Sistema Elétrico de Potência e tem significativas implicações na etapa de graduação de um aluno que cursa Engenharia Elétrica.

---

## **ABSTRACT**

The aim of this work is to present the process involved in updating, reediting and republishing the textbook “Circuitos Polifásicos”, by Wilson Gonçalves de Almeida and Francisco Damasceno Freitas, first issued in 1995. Almeida’s and Freitas’s work has been reformulated in specific parts, and had incorporated to its additional content on Electric Power Systems. This book is intended to play a critical role in the process of learning for electrical engineering undergraduate students.

# SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1.	JUSTIFICATIVA DO PROJETO .....	1
2.	NECESSIDADE DA OBRA.....	2
3.	PRODUTO DO PROJETO .....	2
4.	ANALISE E EXPOSIÇÃO DA OBRA DE 1995 .....	3
4.1.	PRIMEIROS PASSOS.....	3
4.2.	DIVISÃO DOS CAPÍTULOS.....	4
4.3.	METODOLOGIA DE EXPOSIÇÃO .....	7
5.	PROCESSO DE PUBLICAÇÃO DA SEGUNDA EDIÇÃO .....	8
5.1.	PESQUISA DE SATISFAÇÃO .....	9
5.1.1.	DEFINIÇÃO DE NPS .....	12
5.1.2.	CÁLCULO E CLASSIFICAÇÃO DO NPS .....	13
5.1.4.	ANÁLISE DE RESULTADOS .....	19
5.1.5.	PONDERAÇÕES .....	21
5.2.	DIGITAÇÃO DA NOVA EDIÇÃO .....	22
5.2.1.	DIGITAÇÃO CIRCUITOS POLIFÁSICOS, 1995.....	22
5.2.2.	MICROSOFT WORD VS LATEX .....	23
5.3.	PESQUISA E REVISÃO .....	23
5.3.1.	CORES E DESIGN.....	23
5.3.2.	REVISÃO ORTOGRÁFICA .....	25
5.3.3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	26
5.4.	INSERÇÃO E MODIFICAÇÃO DE IMAGENS E EXERCÍCIOS .....	26
5.4.1.	ALTERAÇÃO DE SIMBOLOGIA.....	26
5.4.2.	ALTERAÇÃO DE DESIGN E COR DAS IMAGENS .....	26
5.4.3.	ACRÉSCIMO DE IMAGENS .....	29
5.4.4.	INSERÇÃO DE NOVOS EXERCÍCIOS .....	30
6.	NOVA EDIÇÃO.....	31
6.1.	RESENHA DESCRITIVA.....	32
6.1.1.	PARTE I.....	32
	CAPÍTULO 01 .....	32
	CAPÍTULO 02 .....	33
	CAPÍTULO 03 .....	33
	CAPÍTULO 04 .....	34
	CAPÍTULO 05 .....	34
	CAPÍTULO 06 .....	35

CAPÍTULO 07 .....	35
CAPÍTULO 08 .....	36
CAPÍTULO 09 .....	36
6.1.2. PARTE II.....	36
CAPÍTULO I.....	37
CAPÍTULO II.....	37
CAPÍTULO III .....	38
CAPÍTULO IV .....	38
CAPÍTULO V .....	39
CAPÍTULO VI .....	40
CAPÍTULO VII.....	40
6.1.3. PARTE III .....	40
7. PREVISÃO PARA PUBLICAÇÃO.....	40
7.1. EDITORA CRV.....	40
7.2 PROXIMOS PASSOS .....	40
8. CONCLUSÃO.....	42
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

# LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1. Metodologia de Exposição.....	8
Figura 5.1 Cabeçalho do questionário online .....	10
Figura 5.2. Escala do questionário .....	11
Figura 5.3. Formato e Material .....	11
Figura 5. 4 Feição Grafica .....	11
Figura 5.5. Valor Didático .....	12
Figura 5.6. Cálculo do NPS.....	13
Figura 5.7. Adaptação do método de cálculo do NPS .....	14
Figura 5.8.Ciclo de representativo do processo de digitação .....	22
Figura 5.9 – Sequência de etapas de formatação do conteúdo do livro .....	23
Figura 5.10 – Associações Material e Afetiva da cor verde.....	24
Figura 5.11.- Simbologia nova adotada .....	26
Figura 5.12 – Capítulo 3, parte I, Edição 2016 .....	29
Figura 5.13 – Capítulo 3, parte I, Edição 2016 .....	30
Figura 5.14 – Exercício retirado do capítulo 05 da parte I .....	31
Figura 5.15 – Exercício retirado do capítulo 02 da parte I .....	31
Figura 6.1. Trecho retirado do capítulo 01 da parte I.....	33
Figura 6.2 – Trecho retirado do capítulo 04 da parte I.....	34
Figura 6.3 – Trecho retirado do capítulo 05 da parte I.....	35
Figura 6.4 – Trecho retirado do capítulo 06 da parte I.....	35
Figura 6.5 – Trecho retirado do capítulo 07 da parte I.....	36
Figura 6.6 – Trecho retirado do capítulo 04 da parte .....	38
Figura 6.7 – Trecho retirado do capítulo 04 da parte II.....	39



# LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1. Divisão dos Capítulos .....	4
Tabela 5.1. Quanto ao formato do material .....	15
Tabela 5.2. Quanto à feição gráfica .....	16
Tabela 5.3. Quanto ao Valor Didático .....	17
Tabela 5.4. Cálculo NPS e Classificação quando ao formato e material. ....	18
Tabela 5.5. Cálculo NPS e Classificação quando à feição Gráfica .....	18
Tabela 5.6. Cálculo NPS e Classificação quando ao valor didático .....	19
Tabela 5.7. Porcentagem de cada Zona de Classificação .....	19
Tabela 5.8 – Alterações de modelagens da edição de 1995 para a de 2016 .....	27
Tabela 5.9. Exemplos de alterações entre a edição de 1995 e 2016 .....	28

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. JUSTIFICATIVA DO PROJETO

Existem certos conteúdos base para a formação de um engenheiro eletricista. Estes, como o próprio nome denuncia, contêm informações introdutórias que serão posteriormente empregadas como ferramentas para aprofundamento e aplicação em conteúdos de caráter mais complexo. Circuitos Polifásicos é um desses conteúdos base. É básico, mas de fundamental relevância sobretudo, em uma área específica da Engenharia Elétrica denominada Potência.

O livro *Circuitos Polifásicos* – 1ª edição – foi publicado em 1995 e, embora passados 21 anos, a seguinte defesa desta obra feita pelo eminente professor Sérgio Barroso permanece atual:

*“Se por um lado constata-se a existência de um grande número de textos modernos de excelente qualidade mais voltados à formação de estudantes de eletrônica e de telecomunicações, por outro lado é flagrante a falta de bibliografia mais atualizada que cubra satisfatoriamente aqueles aspectos da teoria de circuitos mais utilizados por aqueles que se dedicam aos sistemas elétricos de potência. “*

O lançamento de uma nova edição é um processo natural e necessário de qualquer livro de caráter didático-técnico, sobretudo no âmbito acadêmico científico. E com a obra *Circuitos Polifásicos* esse processo não seria diferente. Ainda que contenha assuntos base e que, portanto, permanecem atuais, sentiu-se a necessidade de atualização e complementação de sua composição.

Dessa forma, decorridos vários anos da sua primeira publicação e com o intuito de trazer uma versão renovada para os alunos das gerações vindouras, esse projeto busca o lançamento de uma obra que cubra integralmente a ementa das disciplinas de *Circuitos Polifásicos* e *Análise de Sistemas de Potência*, de caráter obrigatório, ministradas em nível de graduação no Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de Brasília.

Com a reedição ampliada da obra *Circuitos Polifásicos*, pretende-se responder aos anseios da comunidade discente e docente não somente a nível local, mas também nacional, a partir de um texto claro, conciso, de propriedade e acessível aos iniciantes em circuitos polifásicos e

àqueles que, mais experientes, porém ainda em graduação procuram aprofundar seus conhecimentos em sistemas de potência.

## **2. NECESSIDADE DA OBRA**

O conceito de livro didático, conforme vasta bibliografia consultada, sempre traz como síntese a importância a ele atribuída enquanto instrumento de apoio aos professores. (ROMANATTO, 2009)

Para o Romanatto (2009), os livros didáticos integram o processo de aprendizagem, com a função primordial de contribuir para fixação do conteúdo, visando melhorar a eficácia do processo de aquisição do conhecimento.

Consequentemente, por mais que seja considerado uma conclusão óbvia, um livro didático tem atrelado à sua reputação o fator poder. Poder no sentido de exercer influências, de participar diretamente na formação acadêmica de alguém, de exercer domínio e disseminar conceitos.

Sua utilidade funcional tem certa responsabilidade no desenvolvimento de habilidades e competências de seus consumidores e isso não pode ser subestimado nem considerado de menos valia.

Assim, com esses fatores em mente e, respeitando o grande impacto positivo já exercido pelo livro *Circuitos Polifásicos* nesses 21 anos de circulação, buscou-se em todas as circunstâncias do processo reedição, produzir uma obra cujo impacto continue sendo benéfico tanto para os professores a procura de uma bibliografia apropriada, quanto para os alunos, consumidores desse produto.

## **3. PRODUTO DO PROJETO**

Compreende-se como produto final desse trabalho, o livro *Circuitos Polifásicos* edição 2016 cuja cópia da versão preliminar foi entregue juntamente com este relatório. A obra é composta pelos seguintes conteúdos:

- Conteúdo do livro *Circuitos Polifásicos* publicado em 1995;
  - Circuitos de Corrente Alternada em Regime Permanente
  - Circuitos Polifásicos
  - Medida de Potência em circuitos de corrente alternada

- Representação dos Sistemas elétricos de Potência
- Curtos Circuitos simétricos
- Componentes Simétricas
- Curtos Circuitos Assimétricos
- Matriz de Impedância Nodal
- **Análise de Sistemas de Potência**
  - Introdução aos Sistemas Elétricos de Potência;
  - Modelagem de equipamentos;
  - Matrizes de rede;
  - Fluxo de carga em rede CA;
  - Equações de Balanço da potência ativa e reativa;
  - Exercícios resolvidos e resumo sobre fluxo de carga;
  - Otimização e despacho econômico.
  - Noções de Estabilidade Transitória
  - Noções de Estabilidade a Pequenas Perturbações

E se encontra dividida em 03 (três) partes:

- I. Circuitos Polifásicos;
- II. Aspectos Estáticos do Sistema de Potência;
- III. Aspectos Dinâmicos – Estabilidade Transitória e Estabilidade a Pequenas Perturbações.

## **4. ANALISE E EXPOSIÇÃO DA OBRA DE 1995**

### **4.1. PRIMEIROS PASSOS**

A primeira medida tomada para o desenvolvimento deste projeto foi a de conhecer a obra lançada em 1995. Estudá-la. Analisar seus conteúdos, compreender sua forma de exposição. Como anteriormente mencionado, *Circuitos Polifásicos* veio preencher uma necessidade de explicar um conteúdo básico, mas que permeia toda a Engenharia Elétrica. E seu objetivo seria o de reunir num só livro um conteúdo que muitas vezes é apenas pulverizado em outras publicações e assim, facilitar o processo de ensino aprendizagem.

A intencionalidade da distribuição dos conteúdos se fez necessária a fim de contemplar integralmente a ementa da disciplina de mesmo nome da obra pertencente ao curso de graduação da Universidade de Brasília.

Isto posto, os tópicos seguintes buscam compilar as informações consideradas principais da primeira edição.

## 4.2. DIVISÃO DOS CAPÍTULOS

A obra se encontra dividida em 09 (nove) capítulos com os seguintes tópicos e sub-tópicos (Tab. 4.1).

Tabela 4.1. Divisão dos Capítulos

Conteúdo	Tópicos	Sub Tópicos
<b>Capítulo I</b> <i>Circuitos de Corrente Alternada em regime permanente</i>	Geração de Tensões Senoidais. Terminologia Valor Médio, Valor Eficaz Fasores Impedância de Elementos Passivos Potência em Circuitos de Corrente Alternada Fator de Potência	
<b>Capítulo II</b> <i>Circuitos Polifásicos</i>	Obtenção de Sistemas Polifásicos Sequência de Fases Operadores de Rotação de Fase Tensões e Correntes em Circuitos Polifásicos Fator de Potência de Circuitos Polifásicos Potência em Circuitos Polifásicos Equilibrados Ligação de Impedâncias em Circuitos Polifásicos Equilibrados Sistemas Trifásicos Equilibrados Circuitos Trifásicos Desequilibrados (Desequilíbrio de Carga) Carga Desequilibrada Ligada em Estrela (Sistema a 3 Condutores) Cargas desequilibradas conectadas em triângulo e em estrela, associadas em paralelo (sistema a 3 condutores) Cargas desequilibradas, sistema estrela-estrela com conexão dos neutros Cargas desequilibradas, sistema estrela-triângulo	Conexão em Estrela Conexão em Malha Ligação em Estrela Ligação em Triângulo (ou Ligação em Delta) Associação de Cargas Trifásicas Equilibradas, em Paralelo Resolução de Circuitos com Gerador e Carga Ligados em Estrela Resolução de Circuitos com Gerador e Carga Ligados em Triângulo Potência em Circuitos Trifásicos Equilibrados Carga Desequilibrada Ligada em Triângulo
<b>Capítulo III</b> <i>Medidas de Potência em Circuitos de Corrente</i>	Medida de Potência Ativa Wattímetro de Indução Wattímetro Térmico Medida de Potência Ativa em Circuitos Monofásicos	Wattímetro Eletrodinâmico Teorema de Blondel

<i>Alternada</i>	Medida de Potência Ativa em Circuitos Polifásicos Leituras dos Wattímetros em Função do Fator de Potência	
<b>Capítulo IV</b> <i>Representação de Sistemas Elétricos de Potência</i>	Modelagem dos Componentes Valor Percentual: Valor por Unidade Escolha de Bases Mudanças de Bases Mudança de Bases para a Tensão Mudança de Bases para a Potência Mudança de Bases para a Corrente Mudança de Bases para a Impedância Dados de Equipamentos, Aplicáveis a Cálculos em p.u. Alternador Monofásico Motor Monofásico Transformador Monofásico de Dois Enrolamentos Alternador Trifásico Motor Trifásico Transformador Trifásico de Dois Enrolamentos Banco de Transformadores Modelagem dos Componentes Valor Percentual: Valor por Unidade Escolha de Bases Mudanças de Bases Mudança de Bases para a Tensão Mudança de Bases para a Potência Mudança de Bases para a Corrente Mudança de Bases para a Impedância Dados de Equipamentos, Aplicáveis a Cálculos em p.u. Alternador Monofásico Motor Monofásico Transformador Monofásico de Dois Enrolamentos Alternador Trifásico Motor Trifásico Transformador Trifásico de Dois Enrolamentos Banco de Transformadores Transformador Trifásico de Três Enrolamentos Diagrama de Reatâncias em p.u., Por Fase, de Um Sistema de Potência	Escolha de Bases Para Circuitos Monofásicos Escolha de Bases Para Circuitos Trifásicos
<b>Capítulo V</b> <i>Curto-circuitos Simétricos</i>	Tipos de Curtos-Circuitos Causas de Curtos-Circuitos Ocorrência Hipóteses Simplificadoras Teoremas Básicos	Curto Trifásico em Sistema Sob Carga

	<p>Cálculo de Curto-Circuito Simétrico (ou: Trifásico)</p> <p>Simetria e Assimetria das Correntes de Curto-Circuito</p> <p>Cálculo de Curto-Circuito Trifásico</p> <p>Curto Trifásico nos Terminais de Alternador Operando em Vazio</p> <p>Potência de Curto-Circuito</p> <p>Seleção de Disjuntores</p>	
<p><b>Capítulo VI</b> <b>Componentes Simétricas</b></p>	<p>Fundamentos</p> <p>Componentes Simétricas Aplicadas a Sistemas Trifásicos</p> <p>Determinação Analítica das Componentes Simétricas</p> <p>Considerações Sobre Componentes de Sequência Zero</p> <p>Conceituação de Impedância de Sequência</p> <p>Reatância de Sequência dos Elementos de Sistemas Elétricos de Potência</p>	<p>Modelo de Gerador Síncrono</p> <p>Modelo de Transformador Trifásico de Dois Enrolamentos</p> <p>Modelo de Transformador Trifásico de Três Enrolamentos</p> <p>Modelo de Linha de Transmissão</p>
<p><b>Capítulo VII</b> <b>Curto-circuitos Assimétricos</b></p>	<p>Curto-Circuito Fase-Terra</p> <p>Curto-Circuito Fase-Fase (Bifásico)</p> <p>Curto-Circuito Fase-Fase-Terra (Bifásico Com Terra)</p> <p>Abertura Monopolar e Bipolar</p> <p>Abertura Monopolar</p> <p>Abertura Bipolar</p> <p>Análise dos Níveis de Defeito</p> <p>Potência de Curto-Circuito</p> <p>Sobretensões de Frequência Industrial</p>	<p>Trifásico</p> <p>Monofásico</p>
<p><b>Capítulo VIII</b> <b>Matriz de Impedância Nodal</b></p>	<p>Definições</p> <p>Algoritmos de Montagem da Matriz ZBUS Sem Mútuas</p> <p>Algoritmos de Montagem da Matriz ZBUS com Acoplamentos Mútuos</p> <p>Aplicação da Matriz [ZBUS] no Cálculo de Faltas</p>	<p>Ligação Entre a Referência e Uma Barra Nova (1º Caso)</p> <p>Ligação de Uma Barra Existente a Uma Barra Nova (2º Caso).</p> <p>Ligação de Uma Barra Existente a Uma Barra Nova (2º Caso).</p> <p>Ligação Entre uma Barra Existente e a Referência (3º Caso)</p> <p>Ligação Entre Duas Barras Já Existentes (4º Caso)</p> <p>Ligação Mutuamente Acoplada Entre uma Barra Já Existente e Uma Barra Nova</p> <p>Ligação Mutuamente Acoplada Entre Duas Barras Já Existentes</p> <p>Curto-Circuito Fase-Terra</p> <p>Curto-Circuito Fase-Fase</p>

		Curto-Circuito Fase-Fase-Terra Curto-Circuito Trifásico Simétrico
<b>Capítulo IX</b> <b>Ensaio de</b> <b>Laboratório</b>	Fundamentos Teóricos Método de Ensaio Equipamentos e Instrumental Utilizados Apresentação e Discussão dos Resultados	

### 4.3. METODOLOGIA DE EXPOSIÇÃO

Seguindo a disposição de apresentar o conteúdo de forma didática, cada capítulo traz a síntese do que será abordado, de modo a delimitar claramente para o aprendiz a abordagem que será feita, conforme demonstrado a seguir nas introduções dos capítulos 01 e 05 respectivamente:

*“ Circuitos de corrente alternada em regime Permanente*

*Neste capítulo serão tratados vários conceitos importantes referentes a circuitos de corrente alternada em regime permanente, com grande aplicação ao longo do texto. Assim, o bom entendimento desses conceitos facilitará a compreensão do conteúdo dos próximos capítulos.*

*Curtos-circuitos Simétricos*

*No Capítulo 4 discutiu-se a representação de sistemas elétricos de potência por diagramas unifilares e o manuseio de valores p.u.. Conforme foi visto, valores p.u. permitem que grandezas com significativa diferença de valores absolutos sejam manipuladas com valores relativos de aproximadamente a mesma ordem. A maioria dos cálculos em sistemas de potência usa este procedimento nos vários tipos de estudos. Um deles, a análise de curtos-circuitos, é de elevada importância para a proteção de sistemas.*

*O curto-circuito consiste em um contato entre condutores sob potenciais diferentes. Tal contato pode ser direto (metálico) ou indireto (através de arco voltaico).*

*Os curtos-circuitos são geralmente chamados defeitos ou faltas (faults) e ocorrem de maneira aleatória nos sistemas de potência. Suas consequências podem ser extremamente danosas ao sistema, se não forem prontamente eliminados pelos dispositivos de proteção.*

*O estudo de curtos-circuitos tem por finalidade:*



- *permitir o dimensionamento dos diversos componentes do sistema quando sujeitos às solicitações dinâmicas e efeitos térmicos decorrentes do curto;*
- *possibilitar a seleção de disjuntores;*
- *permitir a execução da coordenação de relés de proteção;*
- *possibilitar a especificação de pára-raios.*

É identificada então, uma certa disposição lógica padrão que cada capítulo, de maneira geral, segue dentro da obra conforme evidenciado no diagrama abaixo: (Fig. 4.2)

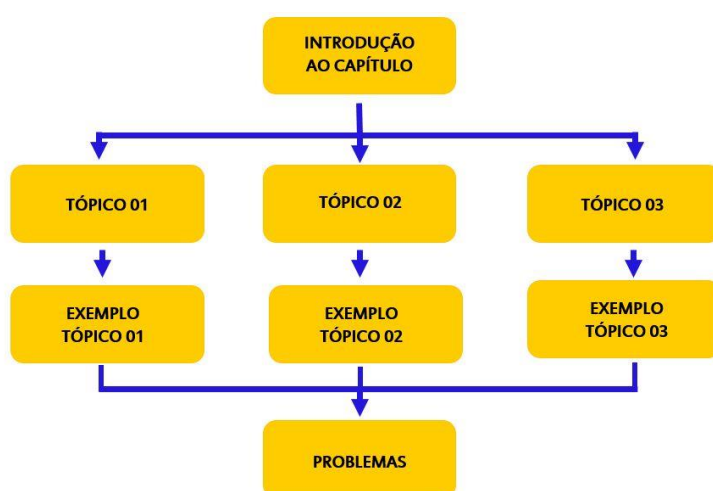


Figura 4.1. Metodologia de Exposição

Com essa proposta didática e objetiva, são percorridos todos os capítulos do livro, de modo a cumprir a proposta de facilitar o aprendizado, padronizando a sua forma de exposição. Atenta-se aqui para o fato de que facilitar um aprendizado não é diminuir seu grau de importância, mas tornar a sua forma de apresentação mais lógica, sequencial e coerente.

## 5. PROCESSO DE PUBLICAÇÃO DA SEGUNDA EDIÇÃO

Considerando a definição de processo trazida pelo guia PMBOK - 4ª Edição, um processo é um conjunto de ações e atividades inter-relacionadas, que são executadas para alcançar um produto, resultado ou serviço predefinido.

Dessa forma, estabeleceu-se um processo bem definido sintetizado na divisão de etapas consideradas necessárias para se alcançar o produto final desejado:

**1. Feedback e Revisão** – Etapa inicial aplicada exclusivamente à publicação de 1995.

- a. Pesquisa de satisfação;
- b. Revisão ortográfica;
- c. Averiguação de cálculos e conceitos.

**2. Remodelação** – Esta etapa diz respeito a definições sobre questões físicas, visuais e sequenciais da nova edição.

- a. Material do papel e da capa;
- b. Metodologia de exposição
  - i. Como o livro será dividido como um todo;
  - ii. Como cada capítulo será ordenado;
- c. Feição Gráfica
  - i. Qualidade das Imagens;
  - ii. Criação de nova Capa;

**3. Produção de novo modelo** – Início da confecção da nova edição.

- a. Digitação;
- b. Inserção de novos exemplos, exercícios;
- c. Correção dos eventuais erros da edição antiga;
- d. Adaptação à metodologia proposta na remodelação

**4. Novos conteúdos** – Etapa aplicada exclusivamente aos novos conteúdos a serem inseridos na nova edição.

- a. Pesquisa sobre os novos conteúdos a serem inseridos;
- b. Enumerar todos os assuntos/tópicos que serão incluídos no livro;
- c. Compilação desses novos conteúdos;
- d. Adequação e inserção dos novos conteúdos a nova proposta de livro.

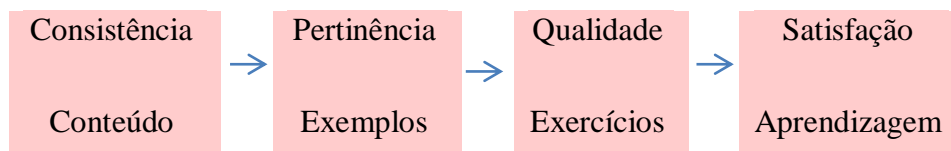
**5. Compilação do trabalho como um todo;**

**6. Revisão e Publicação.**

## **5.1. PESQUISA DE SATISFAÇÃO**

É imprescindível para qualquer lançamento de um produto ou serviço, seja ele inteiramente novo ou reformulado, conhecer a opinião do público alvo que se pretende atingir. Assim, com esse projeto de reedição não poderia ser diferente. Seria necessário obter dados sobre a opinião dos alunos, principal público alvo, sobre a primeira edição para reformular os quesitos indesejados e manter os considerados positivos.

A partir da constatação da importância da obra e a dificuldade deste assunto para os iniciantes, considerou-se a necessidade de se realizar uma pesquisa de campo que poderia conter aspectos que proporcionassem a compreensão de que a obra atendia às expectativas quanto ao conteúdo nos seguintes pontos:



Dessa forma, uma pesquisa de opinião dos alunos de engenharia elétrica, com informações sobre os seus níveis de satisfação sobre a primeira edição, traria um balizamento para o projeto de reedição do livro. Através de um recorte de variadas questões a serem avaliadas, foi feito, então, um questionário online representado pela Figura 5.1.1 onde pretendia-se colher opiniões quanto aos seguintes aspectos considerados essenciais na composição de todo e qualquer livro didático:

- a. Formato;
- b. Material;
- c. Feição gráfica;
- d. Valor didático.



## Livro Circuitos Polifásicos

Visando a atualização do material didático utilizado nas disciplinas Circuitos Polifásicos e Análise de Sistemas de Potência, estamos realizando essa pesquisa de avaliação do livro Circuitos Polifásicos escrito pelos profs. Wilson Gonçalves de Almeida & Francisco Damasceno Freitas.

Com a colaboração de todos, poderemos oferecer um material melhor para formação dos alunos de graduação na área de potência.

Figura 5.1 Cabeçalho do questionário online

Cada item foi avaliado em uma escala de 0 a 5 em que 1 representaria ruim e 5, ótimo.  
(Figura 5.2.)



Figura 5.2. Escala do questionário

A pesquisa foi encerrada 17 (dezesete) dias após o seu início e foi respondida por 26 (vinte e seis) pessoas. Nos gráficos a seguir, (5.3, 5.4 e 5.5) estão todos os itens julgados, bem como as médias das respostas obtidas:

Gráfico 5.3. Formato e Material

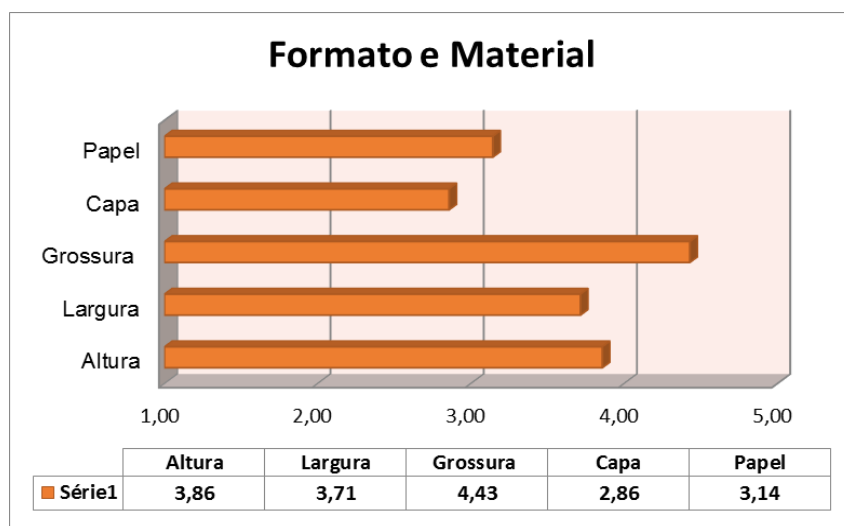


Gráfico 5. 4 Feição Gráfica

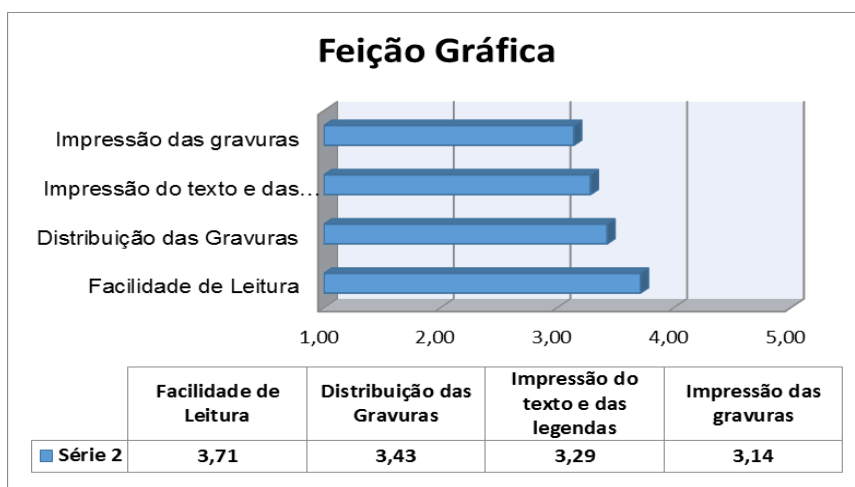
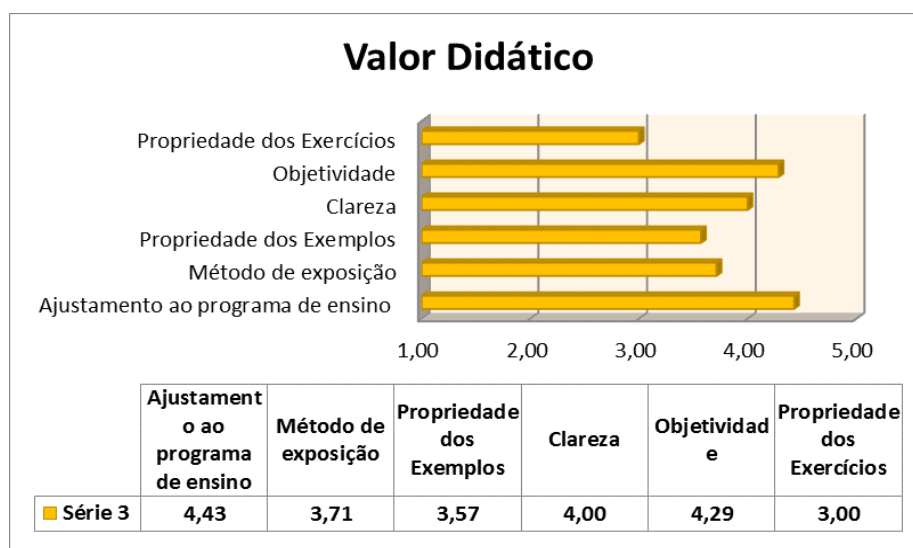


Gráfico 5.5. Valor Didático



Com os gráficos acima vê-se, de maneira geral, os resultados obtidos das pesquisas e as médias dos aspectos julgados.

Com base nessas informações, observa-se que as menores médias foram as seguintes:

1. Capa;
2. Propriedade dos exercícios;
3. Impressão das Gravuras;
4. Papel;

Somente com as informações obtidas dos gráficos gerados, seria possível analisar os aspectos considerados mais críticos e, a partir daí, tomar medidas para aprimorar esses pontos necessários, já que eles refletem as médias das opiniões do público alvo. Contudo, com o intuito de analisar de maneira mais precisa o grau de satisfação dos usuários, utilizou-se de uma metodologia diferente chamada *NPS (Net Promoter Score)* descrita no tópico que segue.

### 5.1.1. DEFINIÇÃO DE NPS

A *Net Promoter Score*, ou NPS, é uma metodologia que tem por objetivo mensurar o grau de satisfação e de fidelidade dos consumidores de qualquer tipo de empresa. Está diretamente relacionado a questões de qualidade de serviço/produto oferecidos.

A NPS foi criada por Fred Reichheld, apresentada em um artigo da *Harvard Business Review* em 2003 (Revista da Universidade de Harvard – EUA) e melhor descrita no livro “A Pergunta Definitiva” lançado em 2006.

### 5.1.2. CÁLCULO E CLASSIFICAÇÃO DO NPS

NPS, como usualmente é chamado, é um dos mais reconhecidos métodos para se medir a lealdade dos clientes. A pontuação é baseada na seguinte pergunta:

*“Em uma escala de 0 a 10, o quanto você indicaria nossa empresa para um amigo?”*

De maneira que: (Figura 5.6)



Figura 5.6. Cálculo do NPS

De acordo com as notas do Net Promoter Score é possível classificar as empresas em 4 Zonas de Classificação, que, em termos gerais, exemplificam o quão bem a empresa está em relação a satisfação de clientes. As zonas são estas:

- **Zona de Excelência** – NPS entre 75 e 100
- **Zona de Qualidade** – NPS entre 50 e 74
- **Zona de Aperfeiçoamento** – NPS entre 0 e 49

- **Zona Crítica** – NPS entre -100 e -1

### 5.1.3. ADAPTAÇÕES NECESSÁRIAS

Para este projeto, essa metodologia foi aplicada de forma que cada item do questionário online terá um valor de NPS, calculado com base em cada resposta feita por cada usuário. Como as repostas variam de 0 a 5, adaptou-se para pontuação demonstrada na Figura 5.7:



Figura 5.7. Adaptação do método de cálculo do NPS

Assim, foram registradas as notas geradas e a porcentagem de promotores, detratores e neutros de cada item conforme as Tabelas 5.1, 5.2 e 5.3. A partir disso, cada tópico foi inserido em sua zona de classificação de acordo. (Tabs. 5.4, 5.5 e 5.6)

Tabela 5.1. Quanto ao formato do material

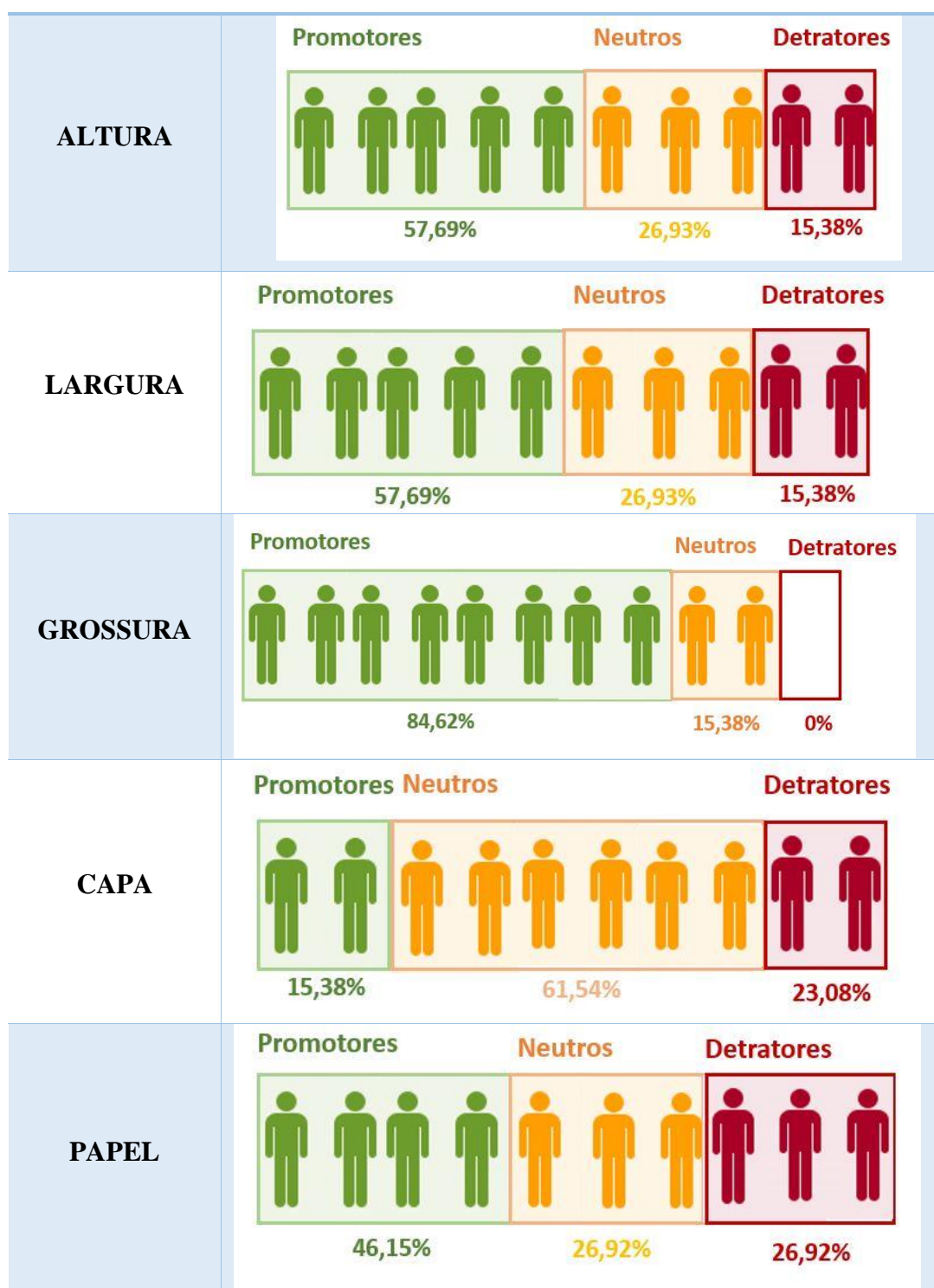




Tabela 5.2. Quanto à feição gráfica

FACILIDADE DE LEITURA	<div> <div>Promotores</div> <div>Neutros</div> <div>Detratores</div> </div> <div> <div>76,92%</div> <div>15,38%</div> <div>7,69%</div> </div>
DISTRIBUIÇÃO DAS GRAVURAS	<div> <div>Promotores</div> <div>Neutros</div> <div>Detratores</div> </div> <div> <div>65,38%</div> <div>11,54%</div> <div>14,29%</div> </div>
IMPRESSÃO DAS GRAVURAS	<div> <div>Promotores</div> <div>Neutros</div> <div>Detratores</div> </div> <div> <div>30,77%</div> <div>50,00%</div> <div>19,23%</div> </div>
IMPRESSÃO DE TEXTO	<div> <div>Promotores</div> <div>Neutros</div> <div>Detratores</div> </div> <div> <div>26,92%</div> <div>57,69%</div> <div>15,38%</div> </div>

Tabela 5.3. Quanto ao Valor Didático

<b>AJUSTAMENTO AO PROGRAMA</b>	<div> <div>Promotores</div> <div>Neutros</div> <div>Detratores</div> </div> <div> <div>88,46%</div> <div>11,54%</div> <div>0%</div> </div>
<b>MÉTODO DE EXPOSIÇÃO</b>	<div> <div>Promotores</div> <div>Neutros</div> <div>Detratores</div> </div> <div> <div>65,38%</div> <div>34,32%</div> <div>0%</div> </div>
<b>CLAREZA</b>	<div> <div>Promotores</div> <div>Neutros</div> <div>Detratores</div> </div> <div> <div>88,46%</div> <div>14,29%</div> <div>0%</div> </div>
<b>OBJETIVIDADE</b>	<div> <div>Promotores</div> <div>Neutros</div> <div>Detratores</div> </div> <div> <div>100%</div> <div>0%</div> <div>0%</div> </div>
<b>PROPRIEDADE DOS EXEMPLOS</b>	<div> <div>Promotores</div> <div>Neutros</div> <div>Detratores</div> </div> <div> <div>76,92%</div> <div>11,54%</div> <div>11,54%</div> </div>
<b>PROPRIEDADE DOS EXERCÍCIOS</b>	<div> <div>Promotores</div> <div>Neutros</div> <div>Detratores</div> </div> <div> <div>50,00%</div> <div>26,92%</div> <div>23,08%</div> </div>

Tabela 5.4. Cálculo NPS e Classificação quando ao formato e material.

<b>FORMATO E MATERIAL</b>	<b>ALTURA</b>	
	NPS = 42,31	Classificação: Aperfeiçoamento
	<b>LARGURA</b>	
	NPS = 50,00	Classificação: Qualidade
	<b>GROSSURA</b>	
	NPS = 84,62	Classificação: Excelência
	<b>CAPA</b>	
	NPS = -7,69	Classificação: Crítica
	<b>PAPEL</b>	
	NPS = 19,23	Classificação: Aperfeiçoamento

Tabela 5.5. Cálculo NPS e Classificação quando à feição gráfica

<b>FEIÇÃO GRÁFICA</b>	<b>FACILIDADE DE LEITURA</b>	
	NPS = 69,23	Classificação: Qualidade
	<b>DISTRIBUIÇÃO DAS GRAVURAS</b>	
	NPS = 42,31	Classificação: Aperfeiçoamento
	<b>IMPRESSÃO DAS GRAVURAS</b>	
	NPS = 11,54	Classificação: Aperfeiçoamento
	<b>IMPRESSÃO DE TEXTO</b>	
	NPS = 11,54	Classificação: Aperfeiçoamento

Tabela 5.6. Cálculo NPS e Classificação quando ao valor didático.

<b>VALOR DIDÁTICO</b>	<b>AJUSTAMENTO AO PROGRAMA</b>	
	NPS = 88,46	Classificação: Excelência
	<b>MÉTODO DE EXPOSIÇÃO</b>	
	NPS = 65,38	Classificação: Qualidade
	<b>CLAREZA</b>	
	NPS = 88,46	Classificação: Excelência
	<b>OBJETIVIDADE</b>	
	NPS = 100	Classificação: Excelência
	<b>PROPRIEDADE DOS EXEMPLOS</b>	
	NPS = 65,38	Classificação: Qualidade
	<b>PROPRIEDADE DOS EXERCÍCIOS</b>	
	NPS = 26,92	Classificação: Aperfeiçoamento

#### 5.1.4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Agrupando-se todos os resultados gerados pelo cálculo do NPS, dos 15 itens do questionário julgados, tem-se a seguinte informação vista na Tab. 5.7:

Tabela 5.7. Porcentagem de cada Zona de Classificação

<b>EXCELÊNCIA</b>	<b>26.67%</b>
<b>QUALIDADE</b>	<b>26.67%</b>
<b>APERFEIÇOAMENTO</b>	<b>40.00%</b>
<b>CRÍTICA</b>	<b>6.67%</b>

Desta forma, 40% dos itens questionados foram classificados como Aperfeiçoamento:

1. Altura;
2. Papel;
3. Distribuição das Gravuras;
4. Impressão das Gravuras;
5. Impressão de Texto;
6. Propriedade dos Exercícios;

26, 67% dos itens foram classificados como Excelente:

1. Objetividade;
2. Clareza;
3. Ajustamento ao Programa;
4. Grossura;

26,67 % obtiveram a classificação Qualidade:

1. Facilidade de Leitura;
2. Propriedade dos exemplos;
3. Largura;
4. Método de exposição;

E um item foi classificado como Critico:

1. Capa.

A pesquisa revelou que os melhores aspectos do livro pertencem às questões de Valor Didático, o que ressalta a qualidade de seu conteúdo, sobretudo nos tópicos *Clareza* e *Objetividade* cujo NPS foi de 88, 46 e 100 respectivamente.

Aspectos como Método de Exposição, Propriedade dos Exemplos e Facilidade de Leitura cujas classificações foram *Qualidade*, devem também ser mantidos, para que a nova obra, como um todo, permaneça agradando os estudantes da mesma forma.

Contudo, 40% dos aspectos julgados se enquadram na classificação *Aperfeiçoamento*. Isso significa esses são pontos que precisam ser aperfeiçoados, aprimorados. Destes 6 (seis) itens,

apenas um diz respeito ao valor didático do livro, propriedade dos exemplos, todos os outros fatores são de cunho gráfico ou físico.

Assim, o resultado do NPS possibilitou a compreensão de que, de uma forma generalizada, o livro de 1995 não seria recomendado ao se considerar exclusivamente as características matérias e gráficas da obra.

Há, então, a evidência da grande necessidade de aprimoramento das imagens, da forma de impressão dos textos, gravuras e outros aspectos físicos, tais como a questão do papel utilizado e altura do livro.

A partir dessa opinião do público alvo, a reedição do livro deve estar direcionada a aprimorar esses tais aspectos, sobretudo a questão da capa, cujo índice de insatisfação foi o mais crítico.

Portanto, o foco é manter os aspectos classificados como excelentes e de qualidade e aperfeiçoar os itens de cunho físico e gráfico, como, por exemplo, na modernização da capa.

### **5.1.5. PONDERAÇÕES**

Dos aspectos classificados como de aperfeiçoamento e crítico, apenas um deles não diz respeito às feições gráficas e físicas da obra de 1995, o item propriedade dos exercícios. Todos os demais itens que precisam ser melhorados são de cunho estético, visual da obra o que evidencia que sua condição didática, sua clareza, objetividade ainda permanece intactas aos olhos do público alvo, mesmo depois de 21 anos de publicado.

A feição gráfica do livro, sua capa, suas gravuras, foram confeccionados em um período tecnológico diferente. Os desenhos foram feitos à mão, as técnicas de impressão não eram tão avançadas e não havia essa facilidade de acesso à tecnologia digital como ela se encontra atualmente. Então, é compreensível que estes aspectos tenham desagradado ao público alvo.

Além disso, houve grande porcentagem de notas neutro. É característico das notas consideradas medianas revelarem uma imparcialidade, um desconhecimento, indiferença sobre o item julgado, de modo que não explicitam necessariamente descontentamento.

Os resultados calculados pelo método de NPS explicam de maneira mais clara e definida as médias dos itens que se encontram nos gráficos 5.3. 5.4 e 5.5 e a partir da unificação de todos

esses dados colhidos, a conclusão que se chega é a de que para a edição de 2016 os aspectos materiais e gráficos do livro Circuitos Polifásicos devem ser aperfeiçoados para auxiliarem em uma modernização da obra de 1995. E que os exercícios têm de ser revistos e ampliados para auxiliarem no teor prático de composição da obra.

## **5.2. DIGITAÇÃO DA NOVA EDIÇÃO**

### **5.2.1. DIGITAÇÃO CIRCUITOS POLIFÁSICOS, 1995.**

O livro em análise não tinha uma versão digitada, apenas escaneada para formato .pdf. Assim, surgiu um dos principais obstáculos: a questão da digitação integral da obra para o formato para o formato .doc.

Os nove capítulos distribuídos nas 254 páginas foram digitados em um espaço de tempo de 4 meses e meio. Foi estabelecida a seguinte metodologia:

Primeiramente, o livro foi integralmente digitalizado com o auxílio de impressora residencial HP Deskjet 3510. Após essa etapa, os seguintes passos foram tomados em relação a cada capítulo:

- a. Determinado capítulo seria integralmente digitado;
- b. Em seguida, seriam recortados os gráficos e desenhos da versão digitalizada em .pdf e inseridos no documento correspondente ao capítulo digitado.

As imagens cuja feição gráfica estava deficiente foram devidamente vetorizadas e substituídas no arquivo em formato .doc. O ciclo foi sintetizado na Figura 5.8:



Figura 5.8.Ciclo de representativo do processo de digitação

## 5.2.2. MICROSOFT WORD vs LaTeX

O processo de editoração (editoras) opera apenas com formato do documento em *.doc*, o qual é utilizado em pacote *Office*. Já a editoração de textos acadêmicos, de exatas, sobretudo Engenharia, possui uma ferramenta muito mais adequada para textos científicos. Trata-se do LaTeX - sistema ou programa de marcação para a editoração de documentos de alta qualidade, específico para a elaboração de textos científicos.

Se de um lado, a editora exigia o texto em *.doc*, de outro, existia a facilidade de utilização e confecção do livro no programa LaTeX.

Então, uma questão se evidenciou: decidir fazer a obra em LaTeX e gerá-la em *.pdf*, e, em seguida digitá-la em formato *.doc* ou produzir diretamente o conteúdo em formato *.doc*. Encarou-se este *trade-off*, escolhendo produzir o livro-texto na seguinte sequência de ações (Fig. 5.9):



Figura 5.9 – Sequência de etapas de formatação do conteúdo do livro

## 5.3. PESQUISA E REVISÃO

### 5.3.1. CORES E DESIGN

No processo dessa reedição, sobretudo pelo fato de as questões gráficas e visuais serem o principal ponto a ser aperfeiçoado na obra já existente, buscou-se também desenvolver estudos e pesquisas sobre a questão da função da cor e no projeto gráfico de uma obra.

No trabalho de pesquisa realizado, a preocupação com aspectos como capa e seu design e cores utilizadas nas imagens nos livros didáticos constituem a preocupação de muitos pesquisadores. Alegam tais estudos que o livro didático tem restrições significativas, pois apresentam pouco espaço físico e são frontalmente diferentes do que se vê na internet, em suas ferramentas de navegação e recursos de visualização de imagens.



A distribuição do volume de texto e imagens por página é muito importante. Segundo pesquisadores, como DIDIER (2009), o excesso de informações numa página de livro com imagens confusas, as quais não estejam perfeitamente encadeadas ao assunto desenvolvido podem levar o aluno a não estabelecer as conexões necessárias para a compreensão do conteúdo.

Na proposta para a nova edição, sugerimos a inserção da cor, de forma contida em alguns elementos. A certificação da escolha correta da cor para as imagens foi feita a partir de consultas em alguns textos sobre o estudo das cores.

Em Psicodinâmica das Cores em Comunicação – Freitas (2007), material produzido para a defesa de Mestrado ( UNICAMP – 2007), desenvolveu-se um estudo sobre as sensações visuais que as cores produzem, a partir de critérios como associação material e associação afetiva.

Ainda sobre a importância da cor no projeto gráfico de um livro didático, é importante destacar que:

*A cor tem o poder de captar rápida e emotivamente a atenção do comprador por isso, a perfeita adequação dela à sua finalidade deve ser precisa. (FREITAS, 2007)*

<b>VERDE</b>	
<b>Associação Material</b>	<b>Associação Afetiva</b>
Frescor Primavera	Juventude
Folhagem	Natureza
Mar	Coragem
Água	Saúde Bem-estar Serenidade

Figura 5.10 – Associações Material e Afetiva da cor verde

Assim, a cor verde, ou melhor, a sensação visual verde passou a fazer parte, ainda que de forma modesta, da proposta para o trato de algumas imagens. O verde tem a preferência de pessoas que possuem teimosia, juventude e vitalidade. (Fig. 5.10)

Outro aspecto analisado foi a capa da primeira edição. Como produto, deveria também primar em sua segunda edição com uma capa.

O livro é um produto a ser distribuído no mercado. Partiu-se desse pressuposto para buscar embasamento teórico para fundamentar a necessidade de zelo na questão do novo projeto gráfico da capa.

Mestriner (2007) afirma em seu artigo, que:

*O design e a apresentação visual necessários à competição no ponto-de-venda também tiveram seu papel valorizado(...). Responder aos novos desafios de exigências geradas pela globalização tem feito com que a indústria de embalagem do mundo todo redobre seus esforços, de modo a oferecer soluções que permitam as empresas ampliarem os horizontes de seus produtos para competir globalmente. Outro ponto que vem ganhando destaque neste processo é a questão do design que, hoje, foi transformado num fator de competitividade para as empresas.*

O livro é, portanto, um produto em um mercado globalizado, cujas capa e contracapa são a embalagem.

Assim, ao fim deste processo de reedição, o anexo segue com uma proposta preliminar de capa que busca contemplar o embasamento teórico adquirido.

### **5.3.2. REVISÃO ORTOGRÁFICA**

O NAO – Novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa entrou em vigor em 1 de janeiro de 2009, a partir do decreto Nº 6.583, DE 29 DE SETEMBRO DE 2008 *que promulga o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa, assinado em Lisboa, em 16 de dezembro de 1990.*

Necessário, então, promover a atualização ortográfica da obra durante o processo de digitação, sobretudo pelo fato de as mudanças ortográficas se incidirem em maior número sobre aspectos como acentuação gráfica, uso de hífen, uso de tremas, entre outros.

### 5.3.3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Foi realizada uma inspeção na revisão bibliográfica antiga a fim de retirar referências que, porventura não se encontram vigentes ou que não mais são pertinentes para a nova edição.

Além disso, foram alteradas referências que foram atualizadas e tem, no mercado, edições mais atuais. Como por exemplo, a atualização do livro “Introdução a Sistemas Elétricos de Potência” – Editora Edgard Blücher dos autores Carlos César Barioni de Oliveira , Hernán Prieto Schmidt , Nelson Kagan e Ernesto João Robba cuja última edição foi lançada em 2000.

### 5.4. INSERÇÃO E MODIFICAÇÃO DE IMAGENS E EXERCÍCIOS

Foi realizada uma espécie de varredura na obra a fim de identificar figura por figura aspectos que precisavam ser ampliados, revistos e atualizados, bem como modernizados relativo aos resultados obtidos na pesquisa de satisfação.

#### 5.4.1. ALTERAÇÃO DE SIMBOLOGIA

Com a preocupação de tornar a obra coesa, é de grande importância que todas terminologias e simbologias tanto da parte antiga quanto da parte nova estejam iguais. Então, por acordo, houve uma alteração de simbologia dentro da obra antiga que corresponde à simbologia do transformador de dois enrolamentos. Na obra de 1995, a simbologia adotada foi a americana e para a versão de 2016, toda simbologia de transformador foi alterada para a notação alemã conforme explicita a Figura 5.11 abaixo.

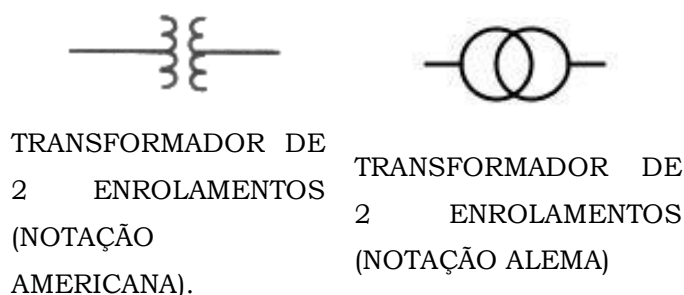


Figura 5.11.- Simbologia nova adotada

Dessa forma, foram refeitas diversas modelagens cuja simbologia não estava condizente com o desejado. Abaixo, (Tab. 5.8) é possível visualizar alguns exemplos de alterações feitas com o auxílio do programa FidoCAD.

Tabela 5.8 – Alterações de modelagens da edição de 1995 para a de 2016

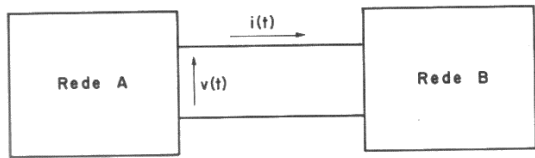
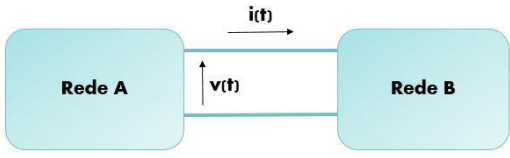
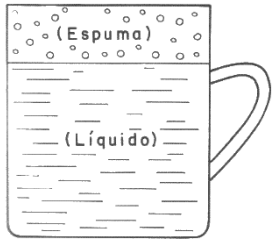

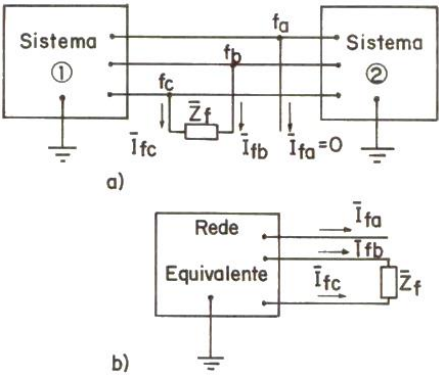
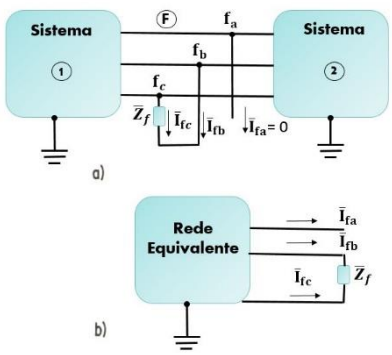
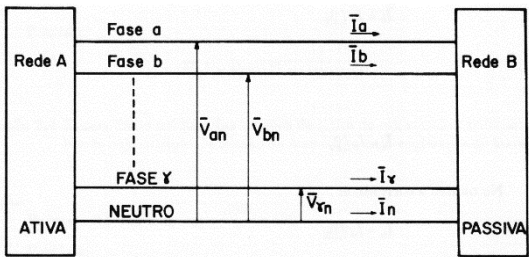
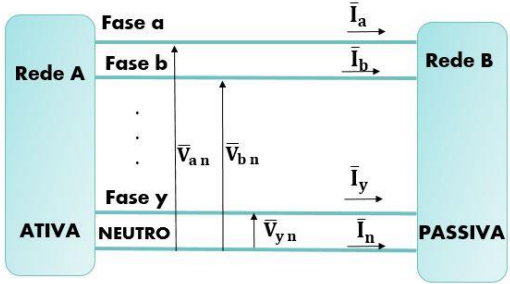
Edição 1995	Edição 2016

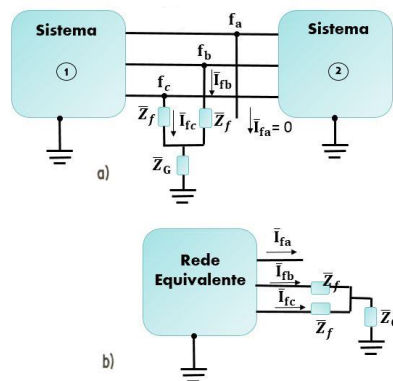
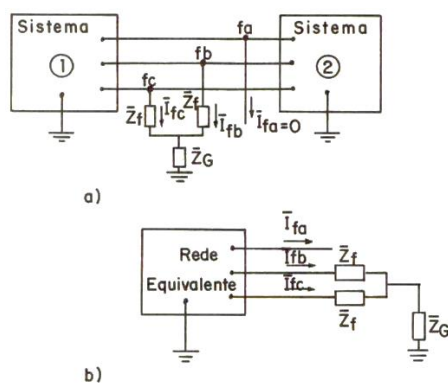
Figura 5.15. Vide exemplo 5.4.

## 5.4.2. ALTERAÇÃO DE DESIGN E COR DAS IMAGENS

A Tabela 5.9 abaixo compara algumas das imagens que foram alteradas para integrarem a obra de 2016. Conforme o estudo das cores, foi adotado um tom de verde com gradiente de cor variado.

Tabela 5.9. Exemplos de alterações entre a edição de 1995 e 2016

Edição 1995	Edição 2016
	
	
	
	



### 5.4.3. ACRÉSCIMO DE IMAGENS

Também foram acrescentadas algumas gravuras ilustrativas de equipamentos descritos no livro para somar de maneira visual à obra. (Figs. 5.12 e Fig. 5.13)

#### 3.1.1 Wattímetro Eletrodinâmico

É o tipo de uso mais difundido. Apresenta duas bobinas: uma *fixa*, construída com fio grosso e poucas espiras, dispondo de dois terminais robustos, denominada bobina de corrente; e outra, *móvel*, construída com fio fino e muitas espiras, dispondo de dois terminais de pequeno porte, chamada bobina de tensão ou bobina de potencial. A bobina de corrente deve ser ligada em série com a carga ao passo que a bobina de tensão deve ser ligada em paralelo com a carga.



Wattímetro Eletrodinâmico

de tensão do aparelho.

Ao serem as duas bobinas percorridas por correntes, ocorre o deslocamento da bobina móvel, que tende a alinhar seu campo magnético com o campo magnético da bobina fixa. O desvio de um ponteiro solidário à bobina móvel do instrumento indica, numa escala apropriada, a potência ativa absorvida pelo circuito de corrente alternada. Basta que, para isso, a corrente do circuito cuja potência se deseja medir, passe pela bobina de corrente do wattímetro e que a tensão do circuito seja aplicada nos terminais da bobina

Figura 5.12 – Capítulo 3, parte I, Edição 2016

### 3.1.2 Wattímetro de Indução



Wattímetro de indução

Tem pouca aplicação prática porquanto sofre influência da temperatura e não apresenta precisão. Consta, basicamente, de duas bobinas fixas, convenientemente dispostas, uma delas ligada em série e a outra em paralelo com a carga. Ao serem percorridas por correntes elétricas, as bobinas provocam efeito indutivo em um disco, fazendo-o girar e indicar a potência do circuito. Embora pouco usado como wattímetro, o instrumento de indução tem larga aplicação como medidor de energia elétrica.

### 3.1.3 Wattímetro Térmico

Tem baixa precisão e custo reduzido. Baseia-se na conversão de energia elétrica em calor. A elevação de temperatura pode provocar dilatação ou torção em um condutor, proporcional à potência do circuito. Não apresenta indicação instantânea, por força do princípio de sua construção. É bastante utilizado em indústrias.



Wattímetro Térmico

### 3.1.4 Medida de Potência Ativa em Circuitos Monofásicos

Figura 5.13 – Capítulo 3, parte I, Edição 2016

## 5.4.4. INSERÇÃO DE NOVOS EXERCÍCIOS

Como passo necessário para aprimorar a primeira edição e, conforme o resultado obtido da pesquisa de satisfação, foram acrescentados 47 novos exercícios. Esses exercícios são consequência de listas de fixação de conteúdo confeccionadas a parte para assessorar na fixação do conteúdo proposto.

Seu nível de dificuldade é um pouco mais elevado que as questões problema já existentes na primeira edição e é importante ressaltar essa questão, pois, de acordo com a pesquisa de satisfação, a propriedade dos exercícios foi o único ponto de caráter didático que entrou na zona de classificação “Aperfeiçoamento”.

Abaixo, (Figs. 5.14 e 5.15) tem-se dois novos exercícios inseridos:



Apresente o diagrama de reatâncias de sequência zero da rede elétrica apresentada na figura abaixo. Adote base de potência de 100 MVA.

- Na rede elétrica do problema 1, determine a intensidade da corrente de curto-circuito monofásico na barra 5, em pu da base dada e em ampères.
- Ainda com relação à figura 1, e supondo base de 100 MVA e 10 kV no gerador G1, responda os itens que se seguem:
  - Determine qual a barra que apresenta maior intensidade de corrente de curto-circuito monofásico, em pu. Justificar a resposta.
  - Se não existisse gerador conectado à barra 5, a corrente de curto-circuito bifásico-terra na barra 3 seria nula. Certo ou errado? Justifique a resposta.
  - Determine a potência de curto-circuito monofásico na barra 5, em MVA.

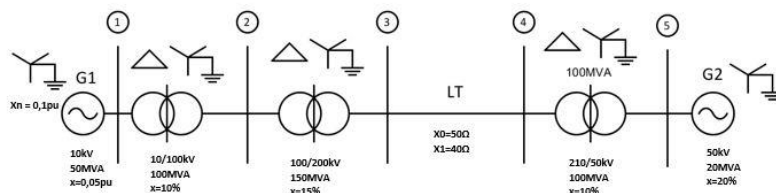
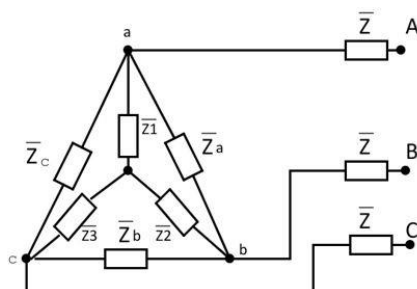


Figura 5.14 – Exercício retirado do capítulo 05 da parte I

Considere o circuito trifásico a seguir, no qual  $\bar{Z}_1 = 0,5 - j0,6 \, \Omega$ ,  $\bar{Z}_2 = 0,6 + j0,6 \, \Omega$ ,  $\bar{Z}_3 = 0,3 + j0,2 \, \Omega$   
e  $\bar{Z}_4 = 1,5 + j0,6 \, \Omega$ ,  $\bar{Z}_5 = 0,6 - j0,7 \, \Omega$ ,  $\bar{Z}_6 = 0,3 + j0,8 \, \Omega$



Sendo a alimentação através dos terminais A B e C suprida pela rede elétrica da concessionária de energia, com tensão de linha igual a 220 V, calcular:

- As potências trifásicas aparente, ativa e reativa que são supridas para as duas cargas em paralelo, conectadas à rede através de um alimentador trifásico de impedância  $\bar{Z} = 0,5 \, \Omega$ , por fase.
- A corrente que flui pelo alimentador (linha entre a carga e a rede da concessionária de energia)
- A perda no alimentador

Figura 5.15 – Exercício retirado do capítulo 02 da parte I

## 6. NOVA EDIÇÃO

Inicialmente, na edição 2016, seriam acrescentadas 4 (quatro) novas partes:

- Introdução a Qualidade de Energia;
- Aspectos Estáticos do Sistema de Potência
- Aspectos Dinâmicos – Estabilidade Transitória e Estabilidade a Pequenas Perturbações;
- Introdução a Energia Eólica.



Por razões relacionadas à pesquisa de satisfação, no tocante grossura e largura do livro, por entender que o acréscimo de muitos conteúdos prejudicaria alguns quesitos já classificados como qualidade e excelente, optou-se por reduzir o conteúdo adicional às partes II e III, já que, em relação à publicação de 1995, acredita-se que as partes I e IV não estão diretamente relacionadas da mesma maneira sequencial e gradativa que as partes II e III.

Logo, a nova edição está dividida em três partes, conforme descrito na seção 3, Produto do Projeto. A obra aborda os conteúdos de maneira sequencial com nível de dificuldade gradual o que significa que cada capítulo está relacionado aos capítulos anteriores e posteriores e que cada parte do conjunto também é dependente da parte anterior, conforme o nível de complexidade de conteúdo avança.

Na cópia preliminar da nova edição, cada parte é tratada como um produto independente com sumário e referências bibliográficas tratados separadamente. Entretanto, para a publicação, o livro conterà apenas um sumário e apenas uma referência bibliográfica que englobarão todo o conjunto.

Adotou-se a mesma metodologia de exposição da primeira edição, seguindo o mesmo raciocínio da Figura 4.1.

## **6.1. RESENHA DESCRITIVA**

À título de exposição, fez-se uma resenha descritiva de cada capítulo de cada parte da nova obra onde destacam-se os principais conteúdos abordados de maneira sucinta e pontual.

### **6.1.1. PARTE I**

#### **CAPITULO 01**

Em *Circuitos de Corrente Alternada em Regime Permanente*, no Capítulo 01, são apresentados conceitos fundamentais para se entender o regime permanente. Entre eles, destacam-se a explanação sobre fasores, impedância complexa, fator de potência. Além disso, é elucidada a relação entre as potências complexa, ativa e reativa. (Fig. 6.1)

Costuma-se ilustrar o relacionamento entre  $S$ ,  $P$  e  $Q$  fazendo uso da imagem de um copo cheio de cerveja, como mostra a Figura 1.12. O volume total do copo corresponde à potência aparente  $S$ ; o volume ocupado pelo líquido (cerveja) corresponde à potência ativa  $P$ ; e o volume ocupado pela espuma corresponde à potência reativa  $Q$ . A potência ativa (líquido, na comparação) é a que de fato produz trabalho. A potência reativa ou potência magnetizante (espuma, na comparação) proporcionar o fluxo magnetizante indispensável ao funcionamento de motores e transformadores. A soma fasorial de ambas resulta na potência aparente (tal qual, no copo, a soma de líquido e espuma resulta no volume total do copo). O volume total do copo limita a quantidade de líquido e a quantidade de espuma que o copo pode conter. De modo análogo, a potência aparente dos equipamentos elétricos limita os valores de suas potências ativa e reativa. Para o mesmo valor de  $S$ , o aumento de  $P$  implica na diminuição de  $Q$ ; o aumento de  $Q$  implica na diminuição de  $P$ .



Figura 1.12.

Suponha-se, por exemplo, um transformador cuja “capacidade” esteja toda esgotada. Um aumento na carga ativa por ele atendida iria exigir uma redução da carga reativa, pois se tal não ocorresse o transformador teria sua vida útil diminuída em virtude da sobrecarga a ele imposta. Tudo se passa como no caso do copo de cerveja: o aumento da espuma implica em menor volume para o líquido; e vice-versa.

Figura 6.1. Trecho retirado do capítulo 01 da parte I.

## CAPÍTULO 02

O capítulo 02- *Circuitos Polifásicos*, é o maior capítulo da primeira parte tem como principal objetivo trazer a definição de circuitos polifásicos o que implica fazer as devidas distinções entre tensões de fase e de linha; correntes de linha, de fase e de neutro. Lida também com o fator de potência e a potência em circuitos equilibrados, bem como as conexões entre estrela e malha, tanto de maneira generalizada, com múltiplas fases, quanto de maneira mais específica e direcionada aos circuitos trifásicos equilibrados e desequilibrados.

## CAPÍTULO 03

*Medida de Potência em Circuitos de Corrente Alternada* é como o capítulo 03 é intitulado. Nele, o principal foco está na questão da medição de potência ativa via wattímetro.

## CAPÍTULO 04

O capítulo 4 – *Representação de Sistemas Elétricos de Potência* - aborda modelagem de componentes, dados de equipamentos tais como os variados tipos de transformadores. O principal desse capítulo é a definição e a explicação de o valor por unidade, p.u e o diagrama de reatâncias em p.u de um sistema elétrico de potência (SEP) comum conforme identificado na Figura 6.2:

### 4.7 Diagrama de Reatâncias em p.u., Por Fase, de Um Sistema de Potência

Para concluir o presente capítulo faz-se, a seguir, a apresentação de um diagrama completo de reatâncias em p.u., por fase, de um sistema de potência. O respectivo diagrama unifilar consta da Figura 4.19.

Inicialmente adota-se para potência base um valor único em todo o sistema. Em seguida, elege-se a tensão base num trecho do sistema e disso resultarão as tensões bases nos demais trechos, em decorrência das relações de tensões impostas pelos transformadores que interligam os citados trechos. Cada trecho possui, assim, seu valor base de tensão. Uma vez resolvido o problema proposto, volta-se aos valores reais multiplicando-se as quantidades em p.u. pela base aplicável, em cada lugar da rede.

Na Figura 4.19 foram eleitas arbitrariamente:

- potência base: 200 MVA (para todo o sistema);
- tensão base: 120 kV (na linha de transmissão).

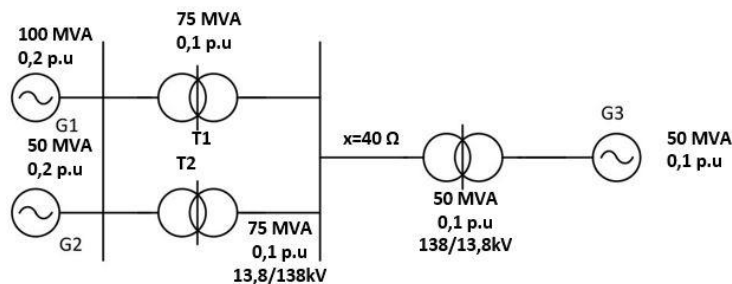


Figura 4.19 - Diagrama unifilar de um Sistema Elétrico de Potência.

Figura 6.2 – Trecho retirado do capítulo 04 da parte I

## CAPÍTULO 05

Capítulo 05 – *Curtos Circuitos Simétricos* - Expõe os tipos e as causas de curto circuito e a forma preventiva de determinar correntes e potência do curto circuito. Os tipos de curtos-circuitos simétricos e assimétricos são ilustrados da seguinte maneira: (Fig. 6.3)

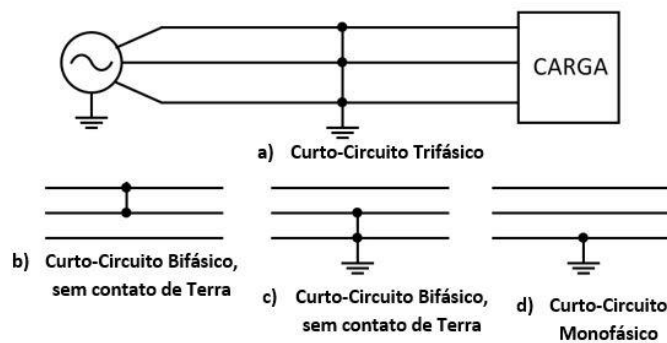


Figura 5.1.

Figura 6.3 – Trecho retirado do capítulo 05 da parte I

## CAPÍTULO 06

Capítulo 06 – *Componentes Simétricas*, o fundamento deste capítulo é o teorema de Fortescue, representação dos modelos de gerador síncrono transformador trifásico de dois e três enrolamentos e o modelo de linha de transmissão nas sequencias positivas e negativas e zero. (Fig. 6.4)

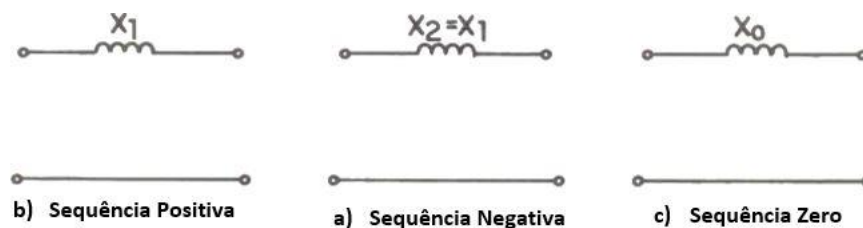


Figura 6.4 – Trecho retirado do capítulo 06 da parte I

## CAPÍTULO 07

Capítulo 07 - Curtos circuitos assimétricos – de maneira análoga ao capítulo V, trata de curtos circuitos com faltas assimétricas: curto circuitos assimétricos francos, faltas assimétricas através de impedâncias e fase em aberto. Na figura abaixo, vê-se a representação de uma falta monofásica no ponto F. (Fig. 6.5)

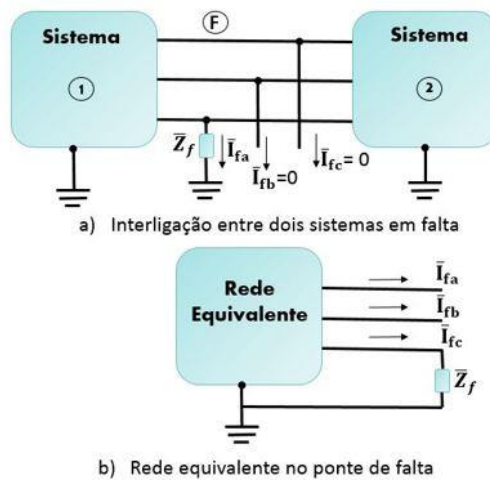


Figura 7.1. Falta monofásica no ponto F.

Figura 6.5 – Trecho retirado do capítulo 07 da parte I

## CAPÍTULO 08

Capítulo VIII – *Matriz Impedância Nodal* é uma introdução ao conceito de matriz impedância nodal e sua utilização no cálculo de faltas.

## CAPÍTULO 09

Capítulo IX – *Sugestões de Ensaio de Laboratório* vem como roteiros de laboratório típicos com intuito de frisar o conteúdo ensinado aplicando-o de forma prática e mensurável em laboratório.

### 6.1.2. PARTE II

Na segunda parte – Aspectos Estáticos do Sistema de Potência, estão dispostos em 07(sete) capítulos, nos quais são explicitados os itens basilares de um sistema de potência. Encontram-se distribuídos na seguinte disposição:

- *Capítulo I Introdução aos Sistemas Elétricos de Potência;*
- *Capítulo II Modelagem de equipamentos;*
- *Capítulo III Matrizes de rede;*

- *Capítulo IV fluxo de carga em rede CA;*
- *Capítulo V Equações de Balanço da potência ativa e reativa;*
- *Capítulo VI exercícios resolvidos e resumo sobre fluxo de carga;*
- *Capítulo VII Otimização e despacho econômico.*

## **CAPÍTULO I**

O primeiro capítulo – Introdução aos Sistemas Elétricos de Potência, apresenta um olhar abrangente relativo ao funcionamento de um Sistema Elétrico de Potência (SEP). Caracteriza a estrutura de um SEP, divide e define os sistemas de transmissão, subtransmissão e de distribuição distinguindo-os principalmente pela operação em níveis de tensão diferentes.

Além disso, o capítulo discorre sobre controle de Sistemas Elétricos de Potência. Estabelece, então, os requisitos primordiais para um sistema elétrico operar adequadamente e destaca a questão da confiabilidade do sistema e o seu monitoramento, para possibilitar que o sistema seja operado de forma eficiente e eficaz.

No tópico - Principais Equipamentos de um Sistema Elétrico de Potência, São enumerados os principais equipamentos de um SEP como geradores, linhas de transmissão e variados tipos de transformadores.

Por último, o capítulo é encerrado com um relato comparativo entre o modelo de estrutura organizacional de um SEP novo e o antigo, que funcionava como um monopólio regulador e a nova estruturação separada em transporte, produção e comercialização, além de ressaltar a importância de operadores do sistema, como exemplo a ONS (Operador Nacional do Sistema).

## **CAPÍTULO II**

O Capítulo II – Modelagem de Equipamentos introduz uma diferenciação inicial entre os aspectos estáticos e dinâmicos dos SEPs. Apresenta uma justificativa para o aprendizado primeiro dos modelos estáticos, por sua natureza de aplicação mais ampla; relata de forma aprofundada os principais equipamentos para estudos estáticos, quais sejam linha de transmissão; transformadores; dispositivos FACTS e cargas, constituindo-se cada um em tópico diferente.

## CAPÍTULO III

O Capítulo III - Matrizes de rede tem como principal objetivo a abordagem das matrizes admitância e impedância de barra como importantes ferramentas de análise do SEP, por meio de exemplos. Vale ressaltar que esse capítulo trata de forma mais complexa um assunto já abordado antes, na Parte I, capítulo 08.

## CAPÍTULO IV

O Capítulo IV – Fluxo de Carga em Rede CA, trata da questão do fluxo de carga em regime permanente, determinando as suas equações básicas. São caracterizadas, ainda, as barras PQ ou de carga; PV ou de geração; V $\theta$  ou swing, contudo o foco do capítulo está nos métodos numéricos para resolução de sistemas não lineares: Método de Newton – Raphson e a Matriz Jacobiana. Conforme se encontra no livro, tem-se abaixo os algoritmos propostos para a utilização dos métodos: (Fig. 6.6 e Fig. 6.7)

### ALGORITMO 1

- i) Definir um ponto de operação inicial  $V^{(0)}$ ,  $\theta^{(0)}$  e fazer  $i = 0$ ;
- ii) calcular todos os desvios  $\Delta P(V^{(i)}, \theta^{(i)})$  e  $\Delta Q(V^{(i)}, \theta^{(i)})$ , conforme o tipo de barra;
- iii) verificar se os desvios absolutos calculados em ii) são inferiores a uma tolerância  $\varepsilon > 0$ . Caso afirmativo, parar: a convergência foi alcançada; caso contrário, prosseguir para o passo iv);
- iv) montar a matriz jacobiana  $J^{(i)}$  a partir do cálculo das submatrizes H, N, M e L;
- v) calcular os incrementos  $\Delta V^{(i)}$  e  $\Delta \theta^{(i)}$  por meio de
$$\begin{bmatrix} \Delta \theta^{(i)} \\ \Delta V^{(i)} \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} H & N \\ M & L \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \Delta P^{(i)} \\ \Delta Q^{(i)} \end{bmatrix} = -[J^{(i)}]^{-1} \begin{bmatrix} \Delta P^{(i)} \\ \Delta Q^{(i)} \end{bmatrix}$$
- vi) atualizar as tensões e fases por meio de
$$V^{(i+1)} = V^{(i)} + \Delta V^{(i)}$$
$$\theta^{(i+1)} = \theta^{(i)} + \Delta \theta^{(i)}$$
incrementar o contador  $i$  e retornar ao passo ii).

Figura 6.6 – Trecho retirado do capítulo 04 da parte II

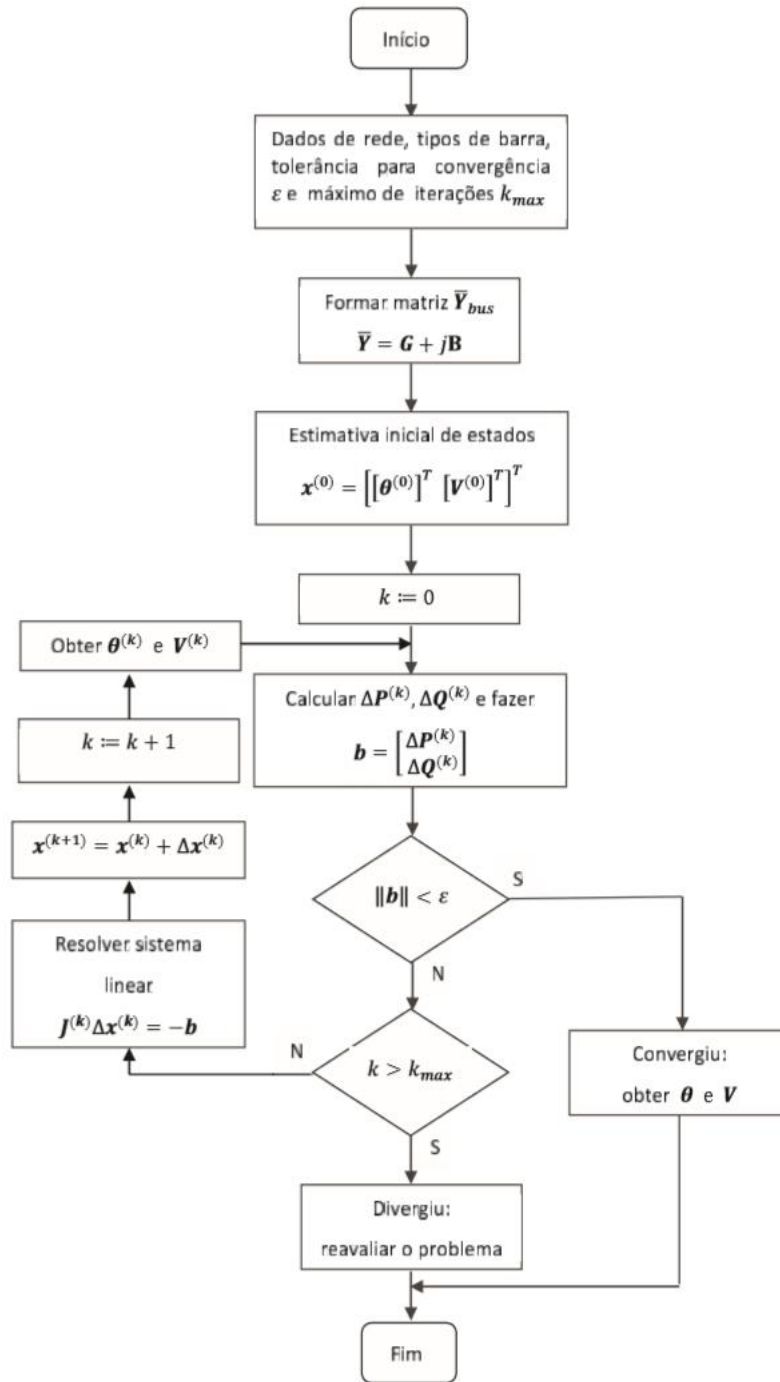


Figura 6.7 – Trecho retirado do capítulo 04 da parte II

## CAPÍTULO V

O Capítulo V – Equações de Balanço da Potência Ativa e Reativa, prossegue na análise sobre dos métodos citados no capítulo anterior, sob um novo enfoque: o desacoplamento entre as malhas em função das sensibilidades, das potências e das variáveis de estado.



## **CAPÍTULO VI**

O Capítulo VI Exercícios Resolvidos e Resumo sobre Fluxo de Carga traz a parte prática do conteúdo, utilizando-se de exercícios para a fixação dos conteúdos abordados nesta parte, focando nas questões próprias do fluxo de cargas e seus métodos de resolução.

## **CAPÍTULO VII**

Concluindo a segunda parte da obra, tem-se o Capítulo VII cujo título é Otimização e Despacho Econômico. Seu principal foco está na questão do despacho econômico utilizando ferramentas como o multiplicador de lagrange para encontrar o resultado ótimo do despacho de unidades geradores térmicas.

### **6.1.3. PARTE III**

Na parte III, intitulada Aspectos Dinâmicos – Estabilidade Transitória e Estabilidade a Pequenas Perturbações, são apresentados dois capítulos:

O primeiro capítulo – Noções de Estabilidade Transitória e o capítulo 2 – Noções de Estabilidade a Pequenas Perturbações. Todos os dois capítulos, têm abordagem introdutória. O primeiro tem seu principal foco em introduzir noções de estabilidade transitória de sistemas elétricos de potência de maneira que, mesmo não sendo abordados de forma complexa, permite a análise dinâmica dos sistemas de potência. E com o segundo capítulo discorrendo sobre a análise de estabilidade a pequenos sinais de sistemas de potência.

Ao longo dos dois capítulos, são abordados aspectos como equação de oscilação; campo magnético e ângulo do rotor; explicação do critério das áreas iguais e as equações dinâmicas do modelo.

## **7. PREVISÃO PARA PUBLICAÇÃO**

### **7.1. EDITORA CRV**

Editora CRV, fundada em 2007, é uma editora especializada em publicações de cunho científico e didático. Atua principalmente com autores brasileiros e divulga e distribui os livros físicos e digitais, em todo o Brasil, países lusófonos, e em mais 52 países em parceria com a CLACSo – Conselho Latino-Americano de Ciências Sociais.

A editora entrou em contato com o professor Francisco Damasceno Freitas via e-mail para saber se havia o interesse de publicação de algum conteúdo, já que era do conhecimento da editora o fato de que o professor foi coautor de *Circuitos Polifásicos*.

Assim que o projeto foi iniciado, foi notificada a Editora CRV o interesse na publicação deste projeto e a mesma, no processo de negociação, disponibilizou as seguintes informações:

**7.1.1.** O livro deve estar em completo e ser entregue no formato Word (.doc) somente.

**7.1.2.** Em relação às questões contratuais, o contrato é feito após o envio da obra e da avaliação de seu conselho editorial. Assim, formaliza-se o orçamento e conforme o “de acordo” por parte dos autores, eles enviam o contrato de acordo com a negociação finalizada.

**7.1.3.** Serviços inclusos:

(i) Inclui os registros na Biblioteca Nacional (ISBN com Código de Barras) e Ficha Catalográfica;

(ii) Cumprem a Lei de Depósito Legal na Biblioteca Nacional, realizamos o projeto visual e projeto gráfico.

(iii) Investimento inicial de R\$ 950,00, a serem pagos quando da assinatura do Contrato de Edição de Livros.

(iv) A Editora colocará à disposição até 04 sugestões de capa, sugeridas pelos seus designers.

(v) Dependendo da sua agilidade em relação à aprovação, revisão final e o cumprimento das condições informadas, o livro será publicado em até 45 dias.

(vi) O livro passa por duas revisões, sendo:

1ª revisão, por parte da Editora, compreenderá uma revisão diagonal dos originais do autor, ou seja, irá adequar os seus originais à nova ortografia e fazer uma busca rápida por erros mais aparentes. Não será efetuada uma revisão em nível de construção sintática. Já a 2ª revisão, já com o livro diagramado, será efetuada pelo autor.

## **7.2. PRÓXIMOS PASSOS**

Apesar de ainda não ter sido entregue à editora, o livro tem previsão de publicação prevista para setembro de 2016. Pretende-se, ainda, passar as partes II e III passadas para formato .doc e melhorar algumas imagens contidas nessas mesmas partes.

## **8. CONCLUSÃO**

Este trabalho apresentou o processo de reedição, atualização e publicação do livro Circuitos Polifásicos, 1995, transformando-o em uma nova edição a ser publicada em 2016.

Fez parte deste processo o estudo inicial e integral da primeira edição da obra de modo a mostrar como a mesma foi dividida, como é a sua metodologia de exposição e qual é a opinião do público alvo sobre a mesma.

Ainda sobre as percepções do público alvo, procurou-se tratar das questões pontuais evidenciadas pelo resultado da pesquisa de satisfação, entre elas, a melhora generalizada da feição gráfica do livro e a inserção de novos exercícios para aperfeiçoar e complementar a primeira parte dessa nova edição.

Foram adicionados dois novos tópicos à obra, todos os dois relacionados à análise do sistema elétrico de potência e, ao reunir todos esses conteúdos, contribuir com clareza, objetividade e didática a ementa das disciplinas Circuitos Polifásicos e Análise de Sistemas de Potência, de caráter obrigatório, ministradas em nível de graduação no Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de Brasília.

O resultado desse processo é um livro que pretende influenciar positivamente no desenvolvimento de habilidades e competências de seus leitores e contribuir para sua capacitação dentro do mercado de trabalho.

Apesar de o livro ainda precisar cumprir determinados requisitos, como o de possuir uma versão completa disponível em formato .doc e ser composto de um só sumário e uma só bibliografia, acredita-se que quanto ao seu conteúdo o mesmo se encontra completo e finalizado.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BITTENCOURT, Circe Maria Fernandes. Livros Didáticos Entre Textos e Imagens in O Saber Histórico na Sala de Aula. 11 Ed. São Paulo: Contexto, 2006.

COLZANI, Valdir Francisco. Guia para Redação do Trabalho Científico. Curitiba: Juruá, 2001.

MEDEIROS, João Bosco. Redação Científica: A prática de Fichamentos, Resumos, Resenhas. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

MESTRINER, Fábio. Embalagem no mundo atual. Disponível em < <http://www.designbrasil.org.br> > - Acesso em: Junho/2016

MORAES, Didier Dominique. Cerqueira. Dias de. A renovação visual do livro didático no Brasil. .pdf

NAKAMOTO, Pêrsio. A configuração gráfica do livro didático: um espaço pleno de significados .pdf. Disponível em < <http://www.teses.usp.br> – 2010 > Acesso em: 2016

PMI. Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos – Guia PMBOK Quarta Edição – EUA: Project Management Institute, 2008

REFORMA ORTOGRÁFICA – GUIA DE BOLSO.pdf Disponível em < <http://www.bd.camara.gov.br> >. Acesso em: Maio/2016

REICHHELD, Fred. A Pergunta Definitiva 2.0. Elsevier Editora, 2011.

ROMANATTO, Mauro Carlos. O Livro Didático: alcances e limites. Disponível em < [http://www.sbempaulista.org.br/epem/anais/mesas\\_redondas/mr19-Mauro..doc](http://www.sbempaulista.org.br/epem/anais/mesas_redondas/mr19-Mauro..doc) > Acesso em: Junho/2016

Visualidade do livro didático no Brasil: o design de capas e sua renovação. .pdf. Disponível em < <http://www.teses.usp.br> > – 2007 – acesso 2016